

Országos Korányi TBC és Pulmonológiai Intézet

FFT program fejlesztése és orvos-biológiai alkalmazása
mikroprocesszoros jelalakanalizátorban

Angyal István és Debreczeni Lóránd

A bio-medicinális kutatásokban gyakran foglalkoznak az analóg jelsorozatok /pl. a vérkeringési rendszer, vagy a légzési rendszer nyomás- és áramlási görbéinek, vagy EKG, EMG, EEG stb. görbék/ mintavételezett, diszkrét pontokból álló jeleinek analizálásával.

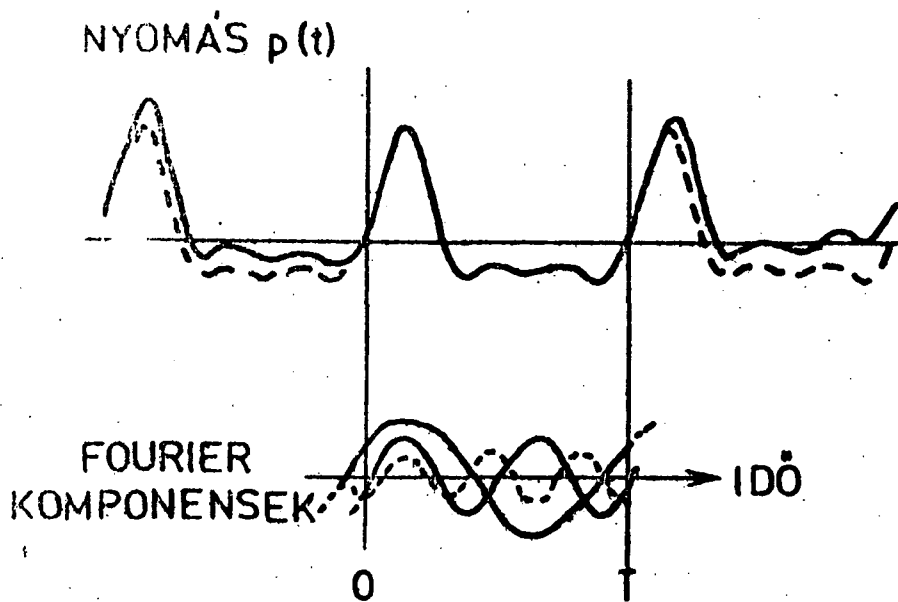
Egy jelalak periódusainak karakterizálására az egyik módszer a jelalak Fourier sorbafejtésének előállítása; vagyis megkeresni azon sinus és cosinus függvényeket, amelyek szuperpozíciójaként a jelalak előállítható. A gyakorlatban ekvidisztáns helyeken mintavételezett jelsorozatot kell előállítani, ami a diszkrét Fourier transzformáció. Az előállítást ekkor a következő formában keressük az x_i mintavételezési helyeken:

$$f(x_i) = a_0 + \sum_{j=1}^{[T/2]} \left(a_j \cos \frac{2\pi \cdot j}{T} x_i + b_j \sin \frac{2\pi \cdot j}{T} x_i \right) \quad [1]$$
$$i = 0, \dots, T-1$$

ahol T a periódus hossza. Az a_0, a_i, b_i együtthatókat kell megkeresni. A gyakorlatban megelégednek a nagy amplitudójú, alacsony frekvenciás komponensek meghatározásával.

A mérés technika (1,4), valamint a gyors Fourier transzformáció elméletének és a digitális számítástechni-

kának a fejlődése lehetővé tette, hogy az artériás vérnyomáshullámok spektrális analizisét is elvégezzék. Az 1. ábra mutatja egyetlen pulzushullám analizisét: látható, hogy a nyomáshullám az első három harmonikussal már jól leírható.



1. ábra

Az ábra felső részén pulzus nyomás hullámok, alul pedig a Fourier komponensek láthatók /U. Gessner ábrája után/

A módszer elterjedését az elektronika ipar igen intenzív fejlődése segítette, elsősorban a mikroprocesszorokra alapozott intelligens /digitális cél-/ műszerek megjelenése.

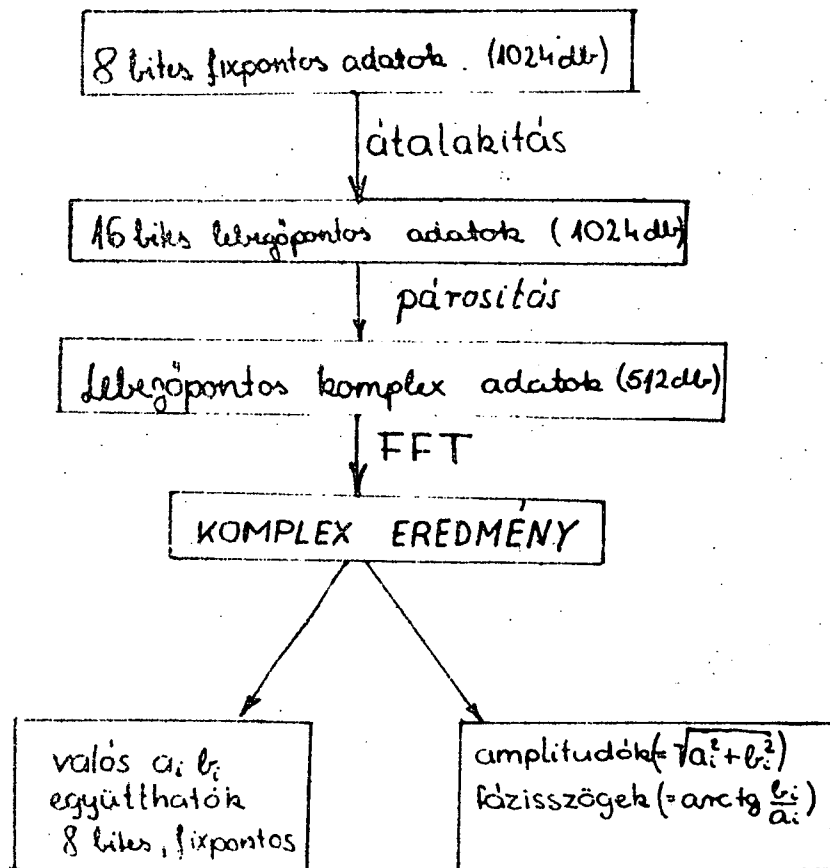
Hazánkban az EMG gyár készített elsők között széria gyártmányu intelligens készüléket, az 5500 típusu jelalakanalizátor rendszert. Ezen analizátorba Intel 8080 típusu mikroprocesszort építettek be. A diszkrét gyors Fourier transzformációt végző programunkat így Intel Assembly nyelven irtuk meg és az analizist 1024 ponton végeztük el.

FFT programunk a 8 bites input adatokon a számításhoz szükséges pontossága érdekében lebegőpontos formában 11 bites mantisszával és 5 bites exponenssel végzi el a műveleteket. A 2. ábra a program blokksémáját tünteti fel. A 2. ábrán látható, hogy a végeredmény kétféle alakban nyerhető a felhasználó igénye szerint: a/ a komplex párok képzésénél mindig a páros indexű adat adja a valós részt és a páratlan indexű adja a képzetes részt. b/ az analizátor displayán megjeleníthetők az abszolút értékek, ill. a fázis szögek is. A program lehetővé teszi mind a valós, mind a képzetes értékű jelek Fourier analizisét. Az FFT, az abszolút értékek és fázisszögek számítására a jelalaktól függően kb. 15-60 sec szükséges.

Intézetünkben kísérleti állatok hörgő-rendszerének vizsgálatára használtuk a Fourier transzformációt. A kísérleteket normál és kéndioxiddal inhaláltatott patkányokon végeztük (2). 300 ppm kéndioxidot tartalmazó gázkeveréket naponta 2-4 órán át lélegeztek be a patkányok, összesen 80 órán át, az inhaláció eredményeképpen bronchitis alakult ki.

A légúti áramlási sebességet KL 76 típusu készülékkel mértük, és a jeleket EMG 4677 típusu magnón tároltuk (5). A tárolt jelsorozatokból választottuk ki az FFT analizishez a megfelelő szakaszokat. A mintavételezés 100 Hz frekvenciával történt.

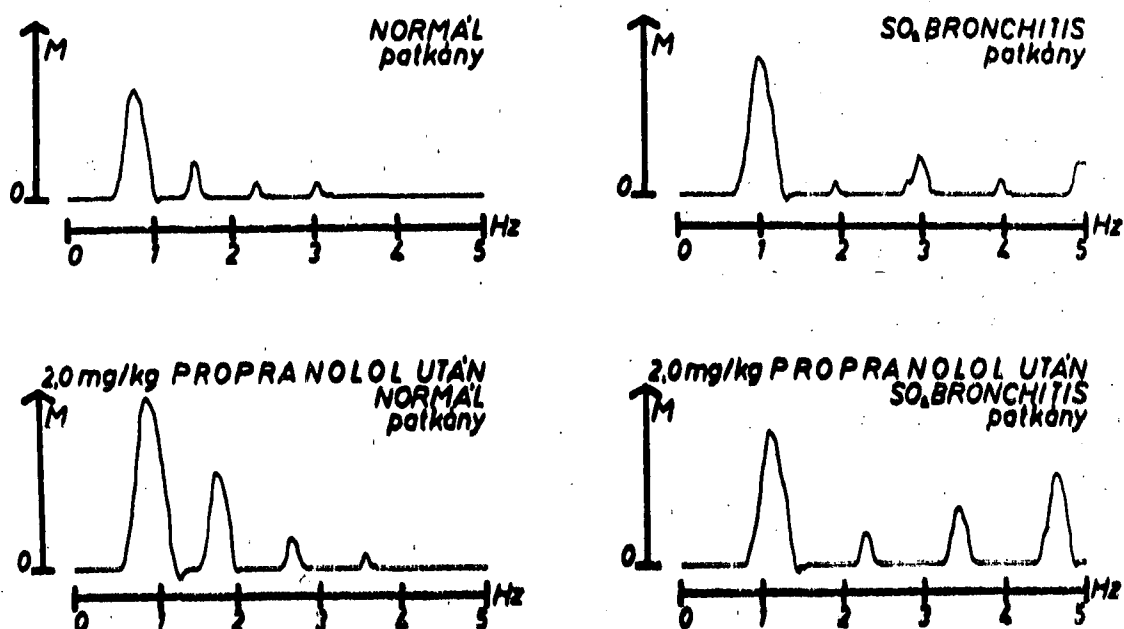
Az FFT program vázlata



2. ábra

Intel 8080 bázisu FFT program blokk-sémája

LÉGÜTI ÁRAMLÁSI SEBESSÉG



3. ábra

Patkányok léguti áramlási sebesség görbéinek FFT analízise. Az analízist 8-10 görbén végeztük el, a jeleket az analízis előtt a hálózati zaj eliminálása céljából 2-3-szor simítottuk. Az X-Y plotteren az abszolút értékeket rajzoltattuk ki az alacsonyfrekvenciás tartományban.

A 3. ábra a Fourier analízis eredményét mutatja. Az ábra bal oldalán egy normál, az ábra jobb oldalán egy bronchitiszes állat adatai láthatók. Az ábra alsó részén a bilaterális vagotomia és a bronchokonstriktor hatású propranolol együttes hatására kialakuló változásokat mutatjuk be. Az ábrán látható, hogy kezeletlen állapotban is a bronchitiszes patkányokban a felharmonikusok száma

és amplitudója növekszik a normál kezeletlen állatokhoz hasonlítva. Különösen gazdag a spektrum a bronchitiszes, vagotomizált és propranolollal kezelt állatban.

A bilaterális vagotómia a légzésszabályozást jelentősen károsítja: a légzési frekvencia gyérül, de ugyanakkor a léguti áramlási sebesség és a légzési volumen növekszik. Ha a térfogat áramlási sebesség változások egy szűkített hörgőrendszerben valósulnak meg /propranolol kezelés/, akkor a rendszerben a laminális áramlási feltételek károsodnak, sőt turbulencia is kialakulhat. Így a léguti áramlási sebesség görbék FFT analízise alapján a hörgők állapota kvantitatív már akkor is vizsgálható, mikor a hullám morfológiai analízis még kóros elváltozást nem mutat ki.

Irodalomjegyzék

- (1) J.S. Bendat, A.G. Piersol: Measurement analysis of random data. John Wiley and Sons INC. New York - London - Sidney, 1966.
- (2) L.A. Debreczeni, A. Ringelhann, K. Vértess, E. Bencze, L. Steiner: Effect of vagotomy and propranolol on bronchial reactivity of normal and SO₂ bronchitis rats IUPS Congress, Budapest, 1980.
- (3) U. Gessner: Vascular input impedance. In Cardiovascular Fluid Dynamics, Ed. D.H. Bergel. Academic Press London, New York, 1972. Vol. 1. pp. 315-350.
- (4) D.A. McDonald: Blood flow in arteries. Edward Arnold, London, 1960.
- (5) Gy. Satori, L.A. Debreczeni: KL'76 pneumoscreen for small animals. IUPS CONGRESS, Budapest, 1980.